



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

UA

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad
ICE- Instituto de Ciencias de la Educación

XII JORNADAS DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad

ISBN: 978-84-697-0709-8



XII JORNADES DE XARXES D'INVESTIGACIÓ EN DOCÈNCIA UNIVERSITÀRIA

El reconeixement docent: innovar i investigar amb criteris de qualitat

Coordinadores

María Teresa Tortosa Ybáñez

José Daniel Álvarez Teruel

Neus Pellín Buades

© Del texto: los autores

© De esta edición:

Universidad de Alicante

Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad

Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)

ISBN: 978-84-697-0709-8

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Empleo de drones (RPAS) para la elaboración de material audiovisual docente en asignaturas de Ingeniería Civil

L. Bañón Blázquez; S. Ivorra Chorro; L. Aragonés Pomares; F.B. Varona Moya;
M. Cano González; R. Tomás Jover

*Departamento de Ingeniería Civil
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Alicante*

RESUMEN

El presente trabajo estudia la utilización de drones telecomandados de uso comercial (RPAS) para producir material audiovisual específico de diversas asignaturas de las titulaciones de Ingeniería Civil. Se trata de un equipamiento de alta tecnología y coste relativamente asequible, en torno a 1.300 euros, para producir material audiovisual que hasta ahora únicamente podría ser obtenido empleando medios mucho más limitados (fotografías aéreas y de satélite) o mucho más costosos, tales como vuelos fotográficos específicos. De este modo, se valorará la viabilidad de introducción de una nueva herramienta tecnológica de innovación educativa hasta ahora no empleada en la elaboración de material docente, analizando sus principales ventajas y limitaciones.

Palabras clave: Dron, RPAS, Innovación docente, Material audiovisual, Ingeniería Civil.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de convergencia europea para la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha generado y continúa generando importantes cambios en el planteamiento de nuevas metodologías docentes en el ámbito de la educación superior universitaria. Por otro lado, el continuo desarrollo tecnológico característico de la época en que vivimos, ofrece la posibilidad de implementar a la docencia nuevas tecnologías inexistentes hace apenas unos pocos años, como es el caso de la herramienta aquí analizada.

Los RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), conocidos vulgarmente como *drones*, son artefactos de pequeñas dimensiones pilotados de forma remota por un operador. Su uso como elemento de recreo es conocido y está ampliamente difundido en el sector del aeromodelismo.

Cabe distinguir que los RPAS no deben ser confundidos con los vehículos aéreos no tripulados (UAV), ya que estos últimos son sistemas totalmente autónomos que pueden operar sin intervención humana alguna durante su funcionamiento en la misión a la que se haya encomendado, es decir, pueden despegar, volar y aterrizar automáticamente. Estas aeronaves no tripuladas se han destinado principalmente a uso militar, tanto de reconocimiento como de combate, aunque las autoridades aéreas de diversos países, incluido España, están estudiando su regulación para su empleo civil (AESA, 2014).

En la Figura 1 se muestra el aspecto de un RPAS y el de un UAV, donde se observan claras diferencias entre ambos, fruto de su diferente concepción a la hora de ser operados.

Figura 1. RPAS pilotado inalámbricamente (izq.) frente a UAV militar totalmente autónomo (der.)



Según la teoría aeronáutica, existen dos tipos de aeronave:

- Los **aerostatos**, que son más livianos que el aire, fueron los primeros en ser desarrollados, ya que su principio de elevación los hacía mucho más asequibles

al nivel científico y tecnológico de la época —siglo XIX. Los aerostatos se elevan de acuerdo con el principio de Arquímedes, y se caracterizan por contener un fluido gaseoso de menor densidad que el aire. En este grupo se encuentran los dirigibles y globos aerostáticos.

- Los **aerodinos** son aeronaves más pesadas que el aire, y son capaces de generar sustentación. La sustentación puede ser generada por alas fijas (aeronaves de alas fijas) o rotatorias (aeronaves de alas rotatorias).

Los RPAS se incluyen en la categoría de aerodinos, prefiriéndose aquellas pertenecientes a la subcategoría de alas rotatorias por su capacidad para mantenerse suspendidas estacionariamente en un mismo punto.

En este estudio se pretende explorar el potencial de estas pequeñas aeronaves pilotadas a distancia para tomar imágenes y vídeos de zonas que son habitualmente inaccesibles, salvo que se empleen medios fuera del alcance de cualquier profesor universitario. Asimismo, pueden estudiarse zonas o elementos que sí son accesibles, pero desde perspectivas no alcanzables normalmente.

Por ello, el principal objetivo de este trabajo es el de implementar de forma efectiva el uso de estas nuevas tecnologías en el contexto de elaboración de materiales docentes en el ámbito de la Ingeniería Civil, disciplina para la cual se hace difícil en muchas ocasiones obtener material gráfico que ilustre de forma eficaz algunos de los conceptos desarrollados durante las sesiones teóricas y prácticas en aula.

2. METODOLOGÍA

En este apartado se desarrollará la metodología llevada a cabo para la selección del modelo empleado, así como para la planificación y ejecución de los diferentes vuelos llevados a cabo para alcanzar con éxito el objetivo antes mencionado.

2.1 Descripción del contexto y de los participantes

Dentro del campo de la Ingeniería Civil, existen diversas disciplinas en las que sería de gran aplicación la capacidad de tomar imágenes en altura:

- Ingeniería de carreteras: Diseño geométrico, análisis de nudos, realización de aforos en tiempo real
- Ingeniería estructural: Inspección de zonas de difícil acceso en una estructura (apoyos, cubiertas, zonas elevadas)

- Ingeniería del terreno: Caracterización de macizos rocosos en zonas inaccesibles o peligrosas (zonas escarpadas de montaña, simas o acantilados)
- Ingeniería marítima: Análisis de morfología de costas, inspección de obras marítimas y plataformas offshore
- Ingeniería de la construcción: Seguimiento en la ejecución de obras civiles, documentación de procesos constructivos y unidades de obra

Para cubrir los anteriores ámbitos de exploración, se formó un equipo multidisciplinar de profesores del Departamento de Ingeniería Civil, pertenecientes a las áreas de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Ingeniería del Terreno, y Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras e Ingeniería de la Construcción.

2.2 Fuentes habituales de material audiovisual en asignaturas de Ingeniería Civil

Normalmente, la producción de material audiovisual empleado en la docencia de asignaturas tecnológicas en el ámbito de la Ingeniería Civil procede de tres grupos de fuentes:

- Fotografías y vídeos tomados in situ: Para ello, el docente se suele valer de medios cotidianos, tales como cámaras digitales convencionales, o bien integradas en dispositivos móviles.
- Imágenes aéreas y de satélite: Para ello, suele emplearse el empleo de herramientas online como Google Maps/Earth y similares.
- Bancos de imágenes y vídeos de Internet: Normalmente se emplean motores de búsqueda online de imágenes y vídeos (Google, Yahoo, Bing), aunque también existen páginas específicas organizadas como repositorios de imágenes (Ej: Flickr) o vídeos (Ej: YouTube)

La Tabla 1 muestra las ventajas e inconvenientes de cada uno de los métodos, en comparación con el estudiado en esta comunicación.

Tabla 1. Principales ventajas e inconvenientes de las fuentes convencionales de imágenes

Fuente	Ventajas	Inconvenientes
Material tomado in situ	<ul style="list-style-type: none"> - Realizado por el propio autor - Altamente personalizable - Actualizado 	<ul style="list-style-type: none"> - Perspectivas limitadas - Requiere desplazamiento a la zona
Imágenes aéreas/satélite	<ul style="list-style-type: none"> - Fácilmente accesibles - Geolocalización - Economía - Permite realizar mediciones 	<ul style="list-style-type: none"> - No actualizadas/actualizables - Calidad variable - Perspectiva limitada

Bancos de imágenes online	<ul style="list-style-type: none"> - Fácilmente accesible - Gran cantidad de información disponible 	<ul style="list-style-type: none"> - Restricciones por derechos de autor - Material limitado (baja personalización) - Calidad variable
---------------------------	---	---

2.3 Material empleado

Para poder acometer de forma óptima los objetivos planteados, se estudiaron diversas posibilidades actualmente existentes en el mercado, realizando consultas a numerosas páginas web especializadas. De los modelos encontrados, se barajaron los siguientes criterios para la selección del finalmente empleado:

- Seguridad: Ante todo, se buscaba que el sistema finalmente escogido tuviera las mayores medidas de seguridad activa y pasiva posibles, para evitar posibles incidentes durante el vuelo. En este sentido, se valoró la conveniencia de que contara con sistemas de aterrizaje automático ante cualquier pérdida de control desde tierra.
- Calidad de imagen: Dado que el uso que se iba a dar era el de la toma de imágenes y vídeos, un factor decisivo era disponer de una buena óptica que permitiera obtener material gráfico de calidad.
- Estabilidad: La capacidad de la aeronave para mantenerse suspendida de forma estacionaria sin necesidad de realizar correcciones manuales es un factor que facilita la toma de imágenes y mejora sustancialmente su calidad, por lo que también fue valorado.
- Sencillez de ensamblaje y manejo: Otro factor crucial era disponer de un dispositivo fácil de manejar, dado que ninguno de los integrantes del equipo disponía de experiencia previa en el manejo de este tipo de aparatos. Asimismo, se priorizaron soluciones tipo RTF (ready-to-fly) frente a aquellas en las que el propio usuario debía efectuar el montaje y calibración de alguno de sus componentes
- Autonomía: Además de lo anterior, se consideró importante que el vehículo contara con una autonomía suficiente, que permitiera acometer los planes de vuelo previamente diseñados.

- Coste: Este factor es siempre decisivo, especialmente en contextos educativos donde no se dispone de elevado presupuesto para la adquisición de este tipo de tecnologías.

Analizados los anteriores ítems, se optó por la selección del modelo DJI PHANTOM 2 VISION (Figura 2), al ser el que presentaba una mejor relación calidad/precio, y cuyas principales características técnicas se recogen en la Tabla 2. El coste del equipo fue algo inferior a 1.000 EUR, impuestos incluidos.

Figura 2. Modelo DJI Phantom 2 Vision empleado en este trabajo, junto con sus accesorios



Tabla 2. Principales características técnicas del DJI Phantom 2 Vision

<i>Aeronave</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso: 1180g ▪ Longitud de la diagonal: 350mm ▪ Autonomía de vuelo: 25 min ▪ Precisión en modo estacionario (Ready To Fly): <ul style="list-style-type: none"> - Vertical: 0.8m; Horizontal: 2.5m ▪ Velocidad máxima de ascenso: 6 m/s ▪ Velocidad máxima de descenso: 2 m/s ▪ Velocidad máxima de vuelo: 15m/s (No Recomendado) ▪ Alcance RC: 300 m ▪ Rango de giro del gimbal: 0-60 ▪ GPS
<i>Cámara</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución: 14 Megapixels ▪ FOV: 120°/ 110°/ 85° ▪ Sensor: 1/2.3" ▪ Funcionalidades: <ul style="list-style-type: none"> - Multicaptura de imágenes, temporizador - Grabación HD (1080/30p, 1080/60i, 720/60p) - Formatos de imagen RAW y JPEG

Asimismo, el modelo seleccionado cuenta con una aplicación gratuita descargable desde terminales móviles bajo Android o iOS, mayoritarios en el mercado, que posibilita la realización de vídeos y fotografías en tiempo real (FPV), supervisando en todo momento lo que está captando la cámara, así como de la batería restante del aparato o la cobertura de señal, entre otros parámetros (Figura 3).

Figura 3. Captura de pantalla de la aplicación para dispositivos móviles del DJI Phantom 2 Vision



2.4 Procedimiento de trabajo

Una vez seleccionado el equipamiento, se realizaron las pruebas iniciales de manejo y acomodación de uso en la propia Universidad de Alicante, en zonas y horas en las que la circulación peatonal y de vehículos no era excesiva para causar un impacto reducido y minimizar posibles riesgos. Asimismo, se tomó la decisión de que fuera un único operador el que manejara el aparato, para así acumular horas de vuelo y optimizar su curva de aprendizaje.

Una vez realizadas satisfactoriamente dichas pruebas, se procedió a seleccionar las zonas de vuelo para elaborar el material objeto de este trabajo. Para ello, se tuvo en cuenta que estuvieran suficientemente alejadas de núcleos de población y no supusieran un elevado riesgo en caso de accidente. Las zonas seleccionadas fueron las siguientes:

1. Nuevo edificio de Laboratorios de Investigación de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante (en fase de construcción)
2. Chimeneas industriales de cerámica en el T.M. de Agost
3. Intersección en la autovía A-77 (Alicante-Alcoy), salida San Vicente del Raspeig

4. Glorieta de acceso a la Universidad de Alicante desde la A-7 y vial interior de circulación de la UA.
5. Fachada litoral del Pueblo Acanilado en El Campello (Alicante)
6. Baluarte en el Monte Tossal (Alicante)
7. Puente V Centenario (Puente Rojo) en el barrio de San Blas (Alicante)
8. Cauce del río Monnegre (Alicante)
9. Acueducto de acero sobre línea ferroviaria en Elda

En el plano de situación de la figura 4 se muestra el emplazamiento de los diferentes puntos antes reseñados.

Figura 4. Plano de situación de las zonas de vuelo



Los trabajos se realizaron entre los meses de marzo y mayo de 2014. En las figuras 5 y 6 se muestran imágenes de la aeronave realizando la toma de imágenes en las diferentes zonas de vuelo.

Figura 5. Toma de imágenes sobre el mar en Pueblo Acanilado (El Campello)



Figura 6. Toma de imágenes en altura de una chimenea industrial en Agost (Alicante)



3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a lo largo de las diferentes sesiones efectuadas muestran claramente la utilidad de este nuevo medio de adquisición de imágenes y vídeos de alta calidad, así como su aplicación a los campos de la docencia y su extensión a actividades de investigación en el ámbito de la Ingeniería Civil.

En las siguientes figuras (6 a 13) se recogen las imágenes más destacables obtenidas en las diferentes zonas de vuelo.

Figura 7. Vista aérea de acueducto metálico y línea ferroviaria en Elda (Alicante)



Figura 8. Vista aérea de nave industrial y chimenea de cerámica en Agost (Alicante)



Figura 9. Coronación de chimenea industrial de cerámica en Agost (Alicante)



Figura 10. Vista aérea de glorieta de acceso a la Universidad de Alicante en autovía A-7



Figura 11. Vista cenital de glorieta de acceso a la Universidad de Alicante en autovía A-7



Figura 12. Valle del Monnegre (Xixona)



Figura 13. Baluarte de San Fernando en el Monte Tossal (Alicante)



Figura 14. Entorno del Puente Rojo (Alicante)



4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que el nuevo método aúna las ventajas de las fuentes tradicionales de adquisición de material audiovisual (versatilidad, calidad, accesibilidad, actualidad, autoría) sin apenas inconvenientes, más allá de la adaptación a su manejo y la actual restricción de vuelo en zonas transitadas y núcleos de población.

Las pruebas realizadas han sido muy satisfactorias, consiguiéndose material audiovisual de alta calidad. La autonomía en vuelo del aparato ha oscilado entre los 15 y los 20 minutos, lo que lo hace más que aceptable para el objetivo perseguido.

Asimismo, se ha constatado la versatilidad y facilidad de manejo del dron, lo que favorece un rápido aprendizaje y perfeccionamiento de su uso. No se han registrado incidentes, incluso en condiciones de fuerte viento, pudiéndose realizar en todo momento un pilotaje seguro, asistido siempre por los dispositivos a prueba de fallos del propio aparato.

Por tanto, estamos ante lo que seguramente supondrá un salto cualitativo en la documentación gráfica de obras y construcciones civiles, así como en aspectos aplicados de docencia e investigación en este campo de la ingeniería.

Dentro de las futuras líneas de trabajo, se plantea la realización de producciones a mayor escala, realizando toma intensiva de imágenes en nuevas zonas de vuelo. También se plantea la adquisición de un *gimbal*, dispositivo que permite la estabilización en tiempo real de la cámara, posibilitando una filmación mucho más estable.

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del Grupo de Innovación Tecnológico-Educativa AORTA – Ingeniería del Transporte y del Territorio, perteneciente a la Universidad de Alicante [<http://aorta.org.es>].

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA (2014). *El uso de los drones en España*. Madrid. [http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4229776/el_uso_de_los_drones.pdf]
- Goldberg, D., Corcoran, M. & Picard, R.G. (2013). *Remotely Piloted Aircraft Systems & Journalism: Opportunities and Challenges of Drones in News Gathering*. University of Oxford.
- Ruiz Domínguez, F. (2013). *La importancia de los RPAS/UAS para la Unión Europea*. Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2013/DIEEE078-2013_RPAS_UE_FernandoRuizDominguez.pdf]